FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

REGIONE CALABRIA

Presidenza del Consiglio dei Ministri
Ministro per gli Affari Europei, il Sud, le Politiche di Coesione e il PNRR

MEF Ministero dell'Economia e delle Finanze

MINISTERO DEL TURISMO REPUBBLICA ITALIANA

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

MINISTERO DELL'INTERNO

Agenzia per la Coesione Territoriale

Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

INVITALIA L'AGENZIA PER LO SVILUPPO

Aggiudicazione servizio di ingegneria a architettura dell'Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa S.p.A. "Invitalia" in qualità di CENTRALE DI COMMITTENZA prot. n. 0255738 del 08.09.2023

ENAC ENTE NAZIONALE PER L'AVIAZIONE CIVILE

AEROPORTO CIVILE DI LAMEZIA TERME (CZ)

SACAL Società Aeroportuale Calabrese

REGOLAMENTO (UE) 139/2014 - CERTIFICAZIONE AEROPORTO E REGOLAMENTO (UE) 2015/1998

A.U. - Accountable Manager	**Maintenance Manager**	**CIRCOLARE ENAC APT-16**
Dott. Marco FRANCHINI	Ing. Filippo MALAFARINA	**Post Holder Progettazione** Ing. Stefania RAIMONDO

S.A.CAL. S.p.A. Società Aeroportuale Calabrese

PROGETTO ESECUTIVO

(Codice Appalti D. Lgs 36/2023)

Progetto: *"Riqualifica della viabilità e delle aree di sosta"* dell'aeroporto di Lamezia Terme - CIS L03.
-CIG: 9906072D35; CUP: H84G22000040009
Contratto Istituzionale di sviluppo *"CIS Volare"*
Ambito di intervento: Trasporti e mobilità sostenibili - Fondi CIS scheda L03
CONTRATTO SIA SACAL prot. n. n. 007/2024/RCA
PSA (Masterplan 2012-2027) approvazione ENAC nota n.107905 del 24.10.2017
ENAC "Scheda A" - L03 - parcheggi e viabilità

PROGETTISTA DELL'OPERA
Ing. Andrea Benincasa di Caravacio

GEOLOGI
Dott. Geol. Gianluigi Mazzilli - Dott. Geol. Pierluigi Arbore

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. Salvatore Cipolla

BIM MANAGER
Arch. Marcella Blasi

RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
Ing. Matteo Mastroianni

Nemesis Ingegneria Srl
Via P. Toselli 6 - Torino
NEMESIS INGEGNERIA
Ing. Andrea Benincasa di Caravacio
Ing. Cristina Alasia
Geom. Salvatore Cipolla
Ing. Elisa Cappuccio
Geom. Juri Salza

Ingegneri Guadagnuolo & Partners Srl
Via A. Colavita 19 - Lamezia Terme (CZ)
INGEGNERI GUADAGNUOLO & PARTNERS
Ing. Alessandro Guadagnuolo
Ing. Luigi Guadagnuolo

SIGEA SaS
Via Savonarola 9 - Corato (BA)
Dott. Geol. Gianluigi Mazzilli
Dott. Geol. Pierluigi Arbore

ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing. R. ANDREA BENINCASA di CARAVACIO n° 6601 X

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE CALCOLO SOVRASTRUTTURA

Approvazione ENAC

Riferimento Elaborato	Data	Scala	Codice elaborato	Rev.
	LUGLIO 2025	-	PE T00 PS00 TRA RE02	B

REVISIONI						
	D					
	C					
	B	LUGLIO 2025	REVISIONE A SEGUITO MODULI ISPETTIVI CONTECO	E. CAPPUCCIO	C. ALASIA	A. BENINCASA
	A	GIUGNO 2025	PRIMA EMISSIONE	E.CAPPUCCIO	C. ALASIA	A. BENINCASA
	REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

INDICE

1 PREMESSA 1

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO3

3 PROGETTO STRADALE 5

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 5

3.2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO 6

3.2.1 VIABILITA' STRADALE DI ACCESSO 6

3.2.2 PARCHEGGI IN PROGETTO 6

3.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 7

3.4 SEZIONI STRADALI TIPOLOGICHE 9

4 SOVRASTRUTTURA STRADALE 15

4.1 DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE 15

4.2 TRAFFICO DI PROGETTO 16

4.3 VERIFICA CON IL METODO AASHTO INTERIM GUIDE 20

1 PREMESSA

La progettazione riguarda l'intervento di **"Riqualifica della viabilità di accesso e delle aree di sosta"** che prevede la rivisitazione completa della viabilità con distinzioni dei flussi diretti ad aree dei vari servizi che offre l'area Terminal zona Land-side.
L'ubicazione dell'opera è indicata di seguito:

Figura 1: Inquadramento territoriale dell'intervento

L'aeroporto si sviluppa su un'area di circa 260 ettari ed è costituito da una pista di volo di circa 3.000 m, un piazzale di sosta aa/mm, bretelle di collegamento, aerostazione passeggeri e merci, parcheggi ed infrastrutture minori di supporto alle attività aeroportuali. In area limitrofa all'aeroporto è presente un insediamento militare, utilizzato dall'Aviazione Leggera dell'Esercito Italiano e collegato, attraverso una bretella, con le infrastrutture di volo dell'aeroporto.

Nell'ambito del Sistema Aeroportuale Calabrese, costituito dagli aeroporti di Crotone, Lamezia Terme e Reggio Calabria, Lamezia Terme rappresenta il principale scalo per importanza e volumi di traffico.

Il traffico commerciale rappresenta la quasi totalità dei passeggeri (99,97%), mentre l’aviazione generale totalizza solo alcune centinaia di passeggeri.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture in progetto sono:

[1]. D.M. 05/11/01 n. 6792 – "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"; adeguatezza strutturale della barriera, senza distacco di elementi;

[2]. D.M. 22/04/04 – Modifica del decreto 5 novembre 2001 n. 6792 recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";

[3]. D. Lgs. 30/04/92 n. 285 e successive modificazioni - "Nuovo codice della strada";

[4]. D.P.R. 16/12/1992 n.495 e ss.mm.ii. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada";

[5]. D.M. D.M. LL.PP. 19/04/06 – "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";

[6]. Regolamento di Regione Lombardia 24/4/2006 n. 7 – "Norme tecniche per la costruzione delle strade";

[7]. D.G.R. 27/09/2006 n. 8/3219 della Regione Lombardia – "Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti ex art.4, r.r. 24/04/2006, n.7";

[8]. Circolare LL.PP. n. 7938/99 "Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano merci pericolose";

[9]. D.M. n. 223 del 18.02.1992 e ss.mm.ii. (D.M. 03.06.1998, D.M. 11.06.1999 e D.M. 21.06.2004) "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";

[10]. D.M. Infrastrutture Trasporti 3 giugno 1998 "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";

[11]. D.M. Infrastrutture Trasporti 21 giugno 2004 n. 2367 “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;

[12]. Circolare MIT 21 luglio 2010 n. 62032 “Applicazione uniforme delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali. "Istruzioni tecniche per la progettazione, omologazione ed impiego delle barriere per la sicurezza stradale"”;

[13]. D.M. Infrastrutture Trasporti 28 giugno 2011 “Disposizioni sull’uso e l’installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”;

[14]. D.M. Infrastrutture Trasporti 1 aprile 2019 “Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM)”;

3 PROGETTO STRADALE

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'Aeroporto di Lamezia Terme è situato in località S. Eufemia nel comune di Lamezia Terme (CZ) a circa 2 Km dallo svincolo di Lamezia dell'autostrada A2 (Salerno - Reggio Calabria), a circa 2 Km dalla stazione ferroviaria di Lamezia lungo la direttrice del Tirreno, ed a circa 80 Km dal porto di Gioia Tauro.

Lamezia Terme è il quarto comune della Calabria per popolazione, con circa 70.000 abitanti, ed il settimo per superficie.

L'aeroporto, insieme alla vicina stazione ferroviaria (tra le più importanti della Regione Calabria) ed allo svincolo autostradale, a circa 2 km di distanza, formano infatti il principale nodo logistico per la mobilità delle persone situato nel centro della Calabria.

Il tracciato in progetto si colloca nella Provincia di Catanzaro Evidenziata in rosso si può individuare la posizione dell'area di intervento.

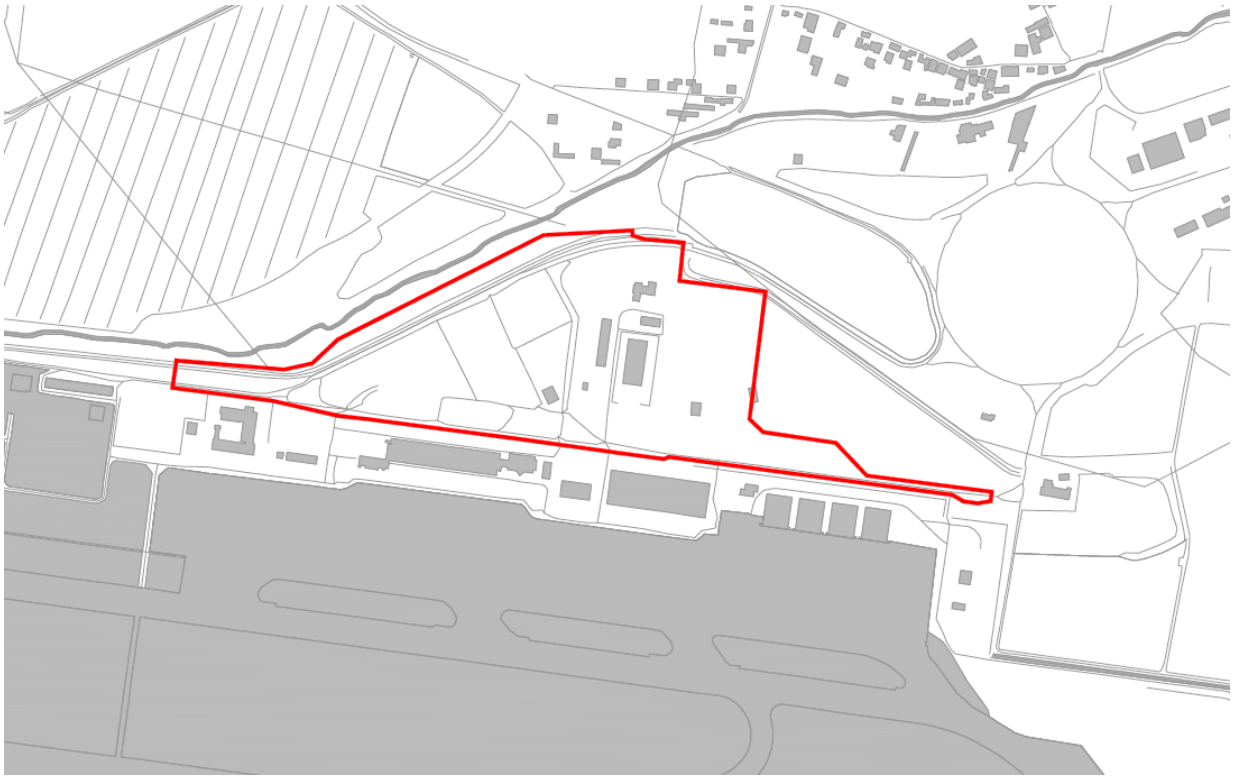

Figura 2: BDTRE 2021 (Regione Piemonte) – foglio 115060 – fuori scala

3.2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

3.2.1 VIABILITA' STRADALE DI ACCESSO

Dall'autostrada A2 Salerno - Reggio Calabria, il complesso aeroportuale dista circa due km ed è raggiungibile attraverso uno svincolo mediante la strada statale n° 280 "dei due mari". Parallelamente all'autostrada è posta la ferrovia, lungo la quale è situata la stazione di Santa Eufemia - Lamezia che dista anch'essa circa 2 km in linea d'aria dall'aeroporto.

Il complesso aeroportuale è connesso alla viabilità esterna tramite due strade a 2 corsie che si diramano da una stessa rotatoria. La prima strada consente il collegamento anche all'area militare posta in prossimità della testata 10 della pista di volo, percorrendo un tratto di perimetrale esterna.

Il tratto di viabilità propriamente dedicato al complesso aeroportuale si dirama dalla suddetta strada e costeggia l'aerostazione passeggeri, consentendo l'accesso ai parcheggi e raggiungendo l'aerostazione merci. La circolazione davanti l'aerostazione passeggeri è a senso unico con ingresso da ovest ed uscita in direzione est. Davanti l'aerostazione passeggeri e quella merci sono poste le aree per il parcheggio.

3.2.2 PARCHEGGI IN PROGETTO

La capacità complessiva attuale è di circa 1.400 posti auto per l'utenza (in parte a pagamento ed in parte liberi).

Sono inoltre presenti: aree dedicate alla sosta degli autobus di linea e charter, un'area di accosto lungo il marciapiede sul fronte dell'aerostazione, dedicata a taxi e macchine di servizio, una zona dedicata alla sosta dei veicoli a noleggio, con 350 posti auto, e altri due parcheggi per i dipendenti aeroportuali (per circa 250 posti).

Sotto la pensilina dell'aerostazione passeggeri le auto private possono effettuare brevi fermate esclusivamente per il carico e lo scarico dei bagagli.

Tuttavia, nonostante l'offerta significativa di posti auto, si verificano problematiche nella viabilità interna che penalizzano la circolazione dei veicoli in ingresso e uscita dall'aeroporto.

Di seguito si riporta la planimetria di inquadramento delle aree di parcheggio:

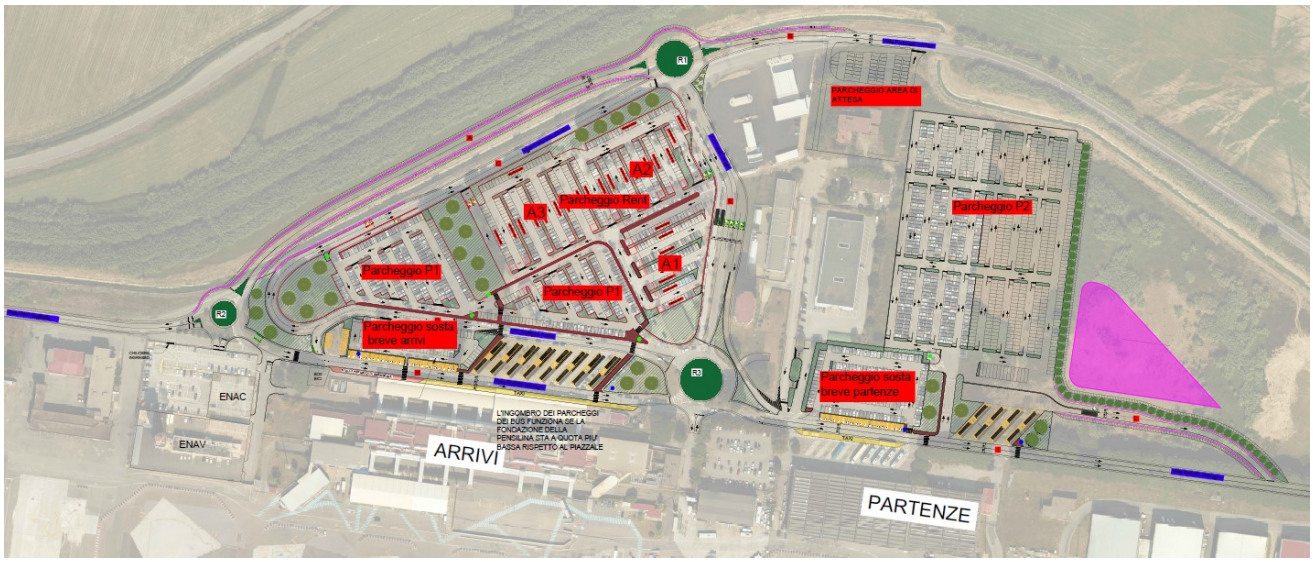

Figura 3: inquadramento aree parcheggio

3.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento in progetto, dal punto di vista stradale, prevede una serie di interventi che riguardano l'intero sedime aeroportuale lato land-side. In particolare sono previsti interventi atti al miglioramento della viabilità interna del parcheggio aeroportuale, ampliamento e miglioramento degli accessi.

- ***Tratto A*** : compreso tra la rotatoria di innesto con Viale Fortunato d'Amico (ROT. R1) e la rotatoria di innesto con Viale Gino Guglietta (ROT. R2);
- ***Tratto B*** : collegamento tra l'esistente Viale Fortunato d'Amico e la rotatoria R1 a cui va ad innestarsi quest'ultimo;
- ***Tratto C*** : compreso tra la rotatoria R1 e la fine di Via Giuseppe Anello. Viene suddiviso in tre sotto-tratti denominati C1, C2 ed C3;
- ***Tratto D*** : compreso tra la rotatoria R3 e l'innesto tra Viale Fortunato d'Amico e Via Giuseppe Anello. Viene suddiviso in DUE sotto-tratti denominati D1, D2;
- ***Tratto E*** : compreso tra la rotatoria R1 e la rotatoria R2. Viene suddiviso in tre sotto-tratti denominati E1, E2 ed E3;
- ***Tratto F*** : compreso tra Via Giuseppe Anello e Viale Rodolfo Imbrogno;

- ***Tratto G:*** collegamento tra l'esistente Viale Gino Guglietta e la rotatoria R2 a cui va ad innestarsi quest'ultimo;
- ***Tratto H:*** compreso tra la rotatoria R2 e la rotatoria R3;
- ***Tratto I:*** compreso tra la rotatoria R3 e l'uscita est di Viale Rodolfo Imbrogno;
- ***Tratto L:*** compreso tra l'uscita dell'ampliamento del parcheggio P2 e Viale Rodolfo Imbrogno.

Le rotatorie in progetto sono 3 di seguito elencate:

- ***Rotatoria R1:*** con 4 rami di innesto di cui uno solo uscita e uno solo entrata, di diametro 40m e corona rotatoria pari a 6m;
- ***Rotatoria R2:*** con 4 rami di innesto di cui uno solo uscita, di diametro 30m e corona rotatoria pari a 6m;
- ***Rotatoria R3:*** con 5 rami di innesto di cui uno solo uscita e due solo entrata, di diametro 50m e corona rotatoria pari a 9m. La rotatoria presenta un diametro di 50 m per permettere che sia garantita la visibilità in in ingresso e in uscita dall'anello rotatorio, nonché assicurare un adeguato angolo di deviazione tra i rami di innesto della rotatoria ed una maggiore sicurezza di circolazione.

Oltre al tracciato stradale è previsto il rifacimento e ampliamento dei parcheggi di servizio aeroportuale così definiti:

- ***Parcheggio P1:*** composto da 333 stalli auto
- ***Parcheggio P2***
- ***Parcheggio rent - car:*** composto da 421 stalli auto
- ***Parcheggio area di attesa:*** situato in zona nord del sedime vicino all'esistente stazione di rifornimento del carburante;
- ***Parcheggio sosta breve arrivi:*** composto da 91 stalli auto
- ***Parcheggio sosta breve partenze:*** composto da 163 stalli auto

3.4 SEZIONI STRADALI TIPOLOGICHE

Il progetto del nuovo tracciato prevede una sezione tipo **F1** LOCALE EXTRAURBANO (DM 05/11/2001) per i vari tratti.

Le sezioni di tipo **F1e** presentano carreggiata a doppio senso di circolazione con due corsie per senso di marcia. La piattaforma presenta una larghezza di 9.00 m, composta da corsie da 3.50 m, banchine esterne in destra da 1.00 m e banchine esterne in sinistra da 1.00 m.

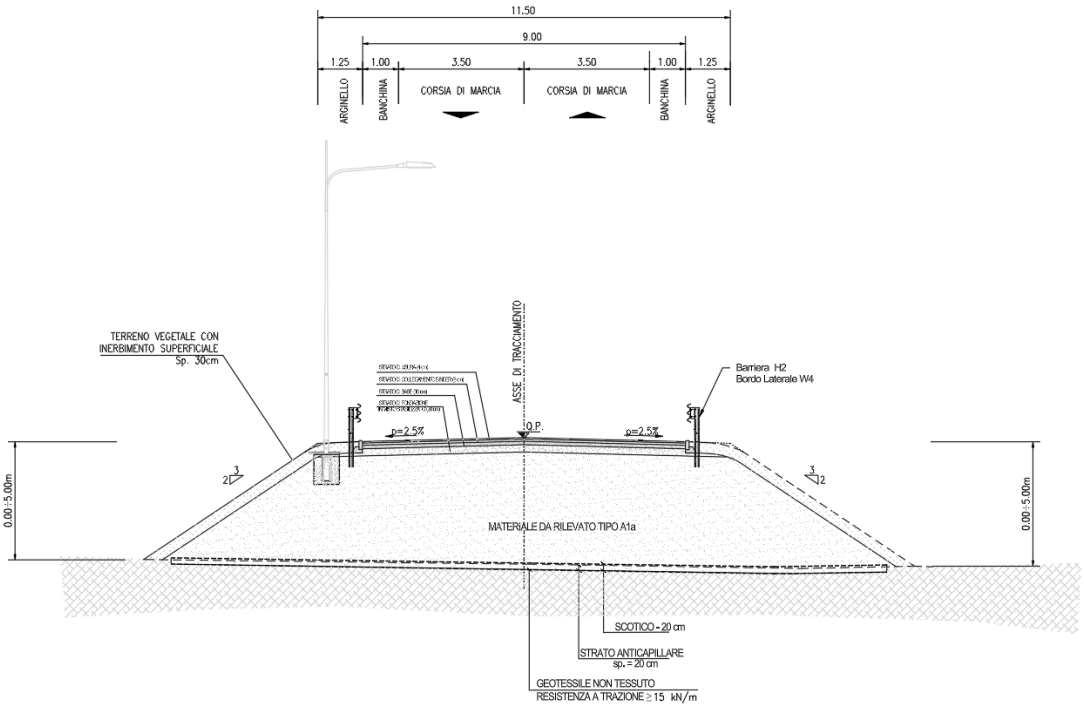

Figura 4: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto A (DM 05/11/2001)

Dal momento che il progetto in oggetto riguarda un contesto aeroportuale, la tipologia di strada prevista da normativa è stata modificata in funzione delle esigenze puntuali dei vari accessi. La pendenza trasversale del tracciato risulta pari al 2.5% per i tratti in rettifilo, al 7% in curva e alcuni tratti di collegamento all'esistente risultano avere un'unica pendenza variabile.

Di seguito si riportano le diverse tipologie di sezioni adottate per i vari tratti di progetto.

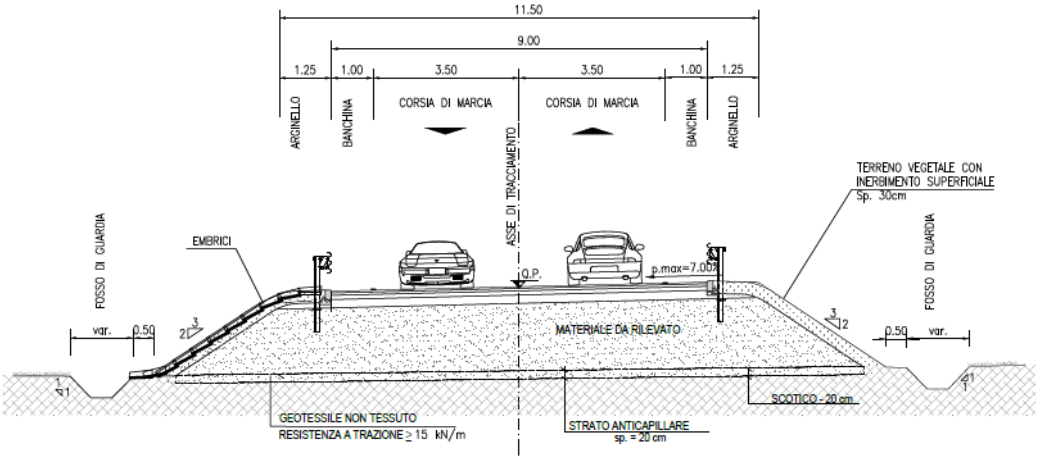

Figura 5: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto A e B (DM 05/11/2001)

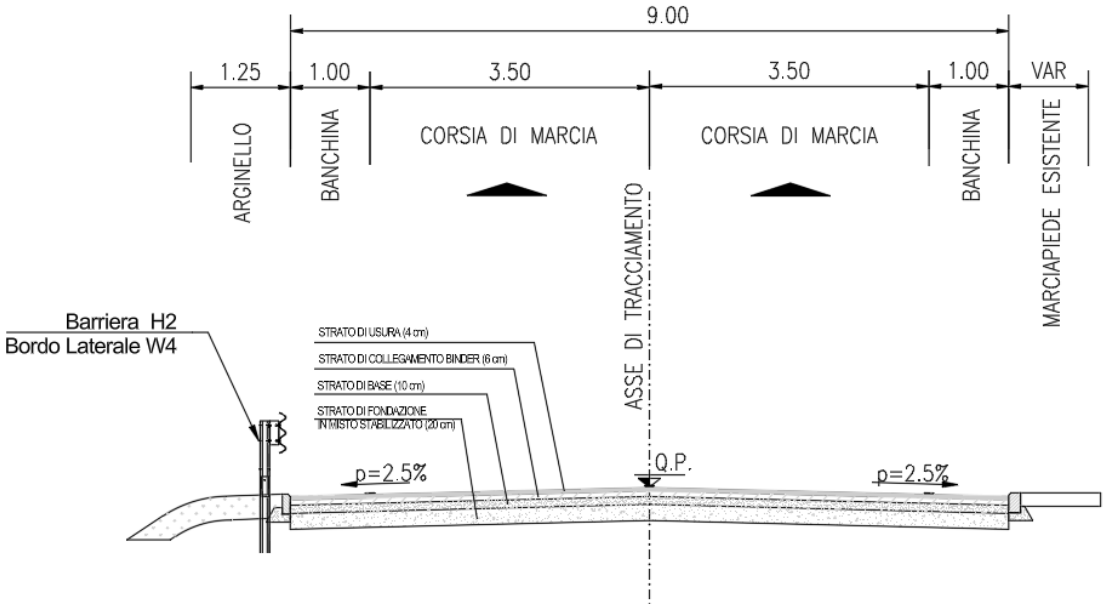

Figura 6: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto C (DM 05/11/2001)

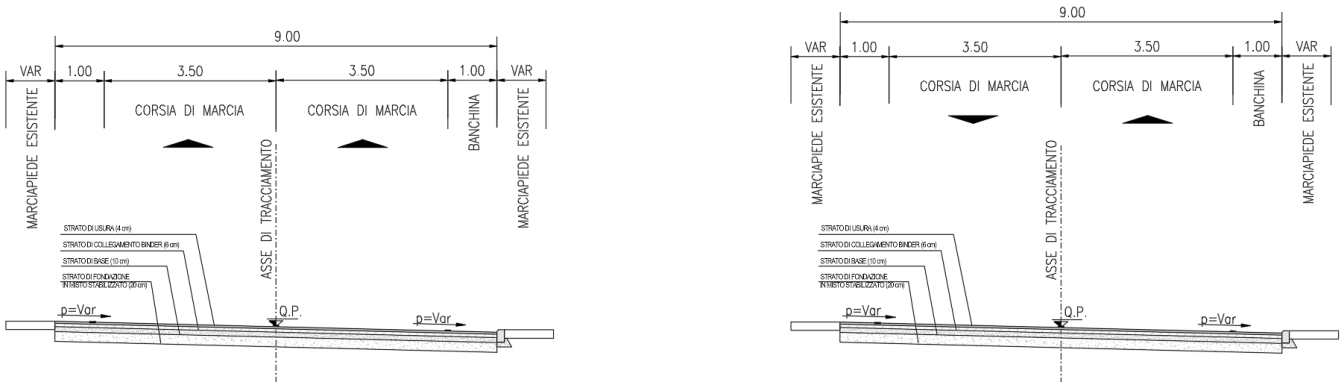

Figura 7: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto D (DM 05/11/2001)

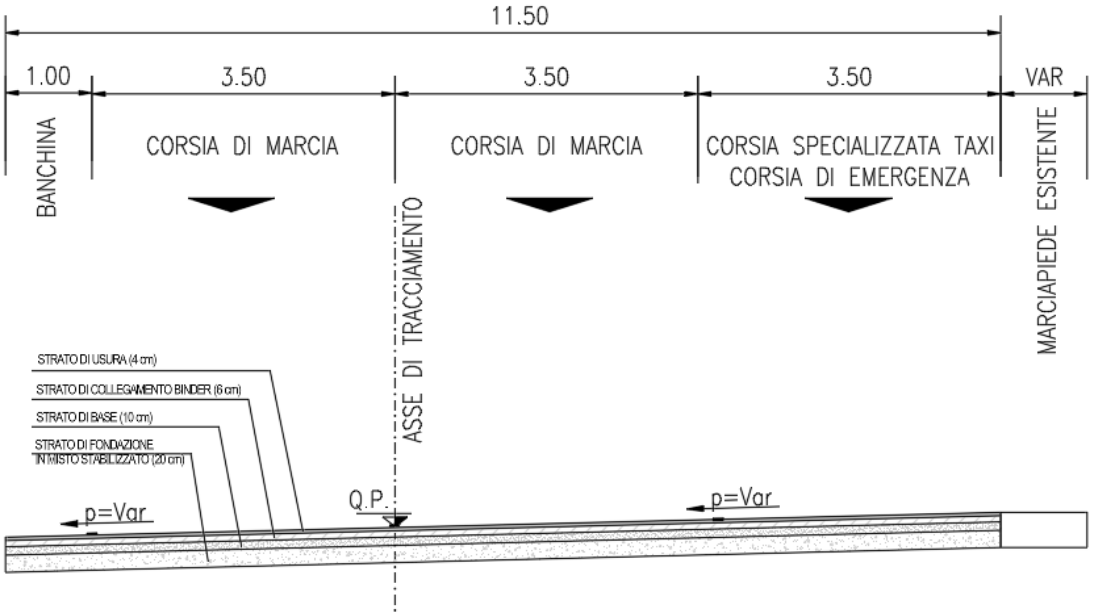

Figura 8: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto I e H con corsia dedicata ai taxi(DM 05/11/2001)

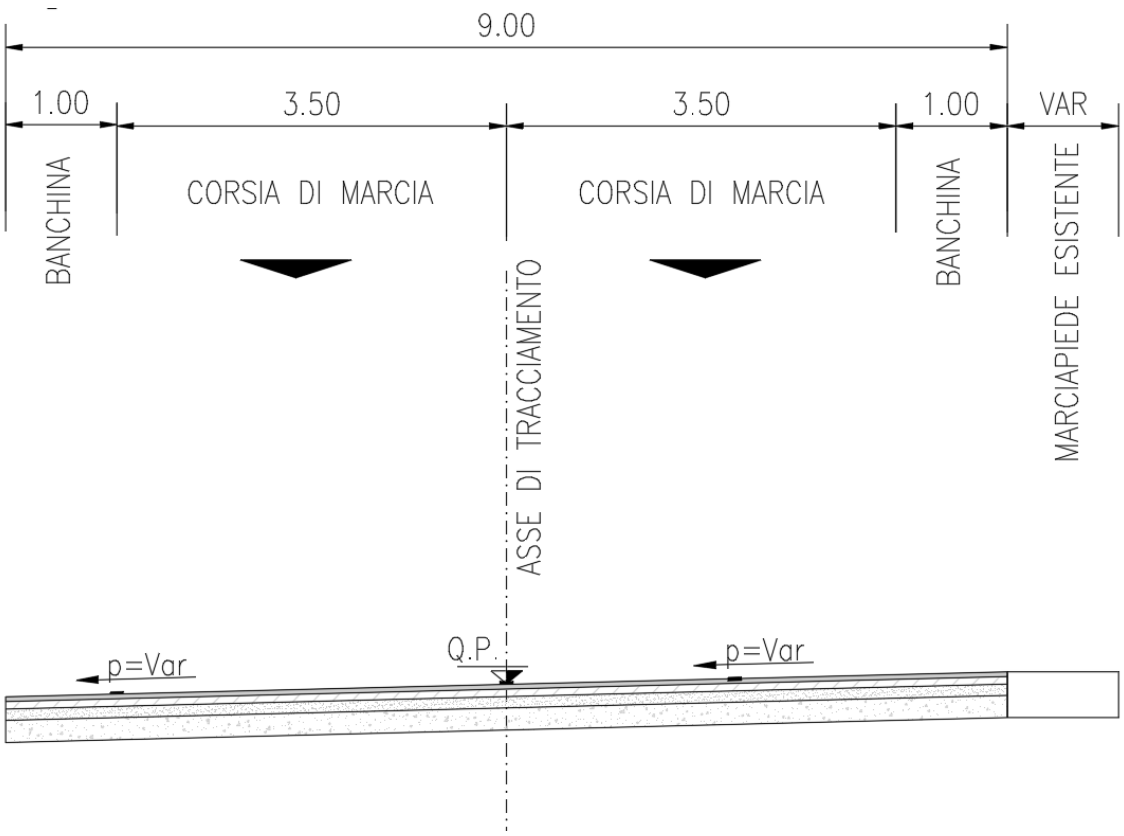

Figura 9: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto I (DM 05/11/2001)

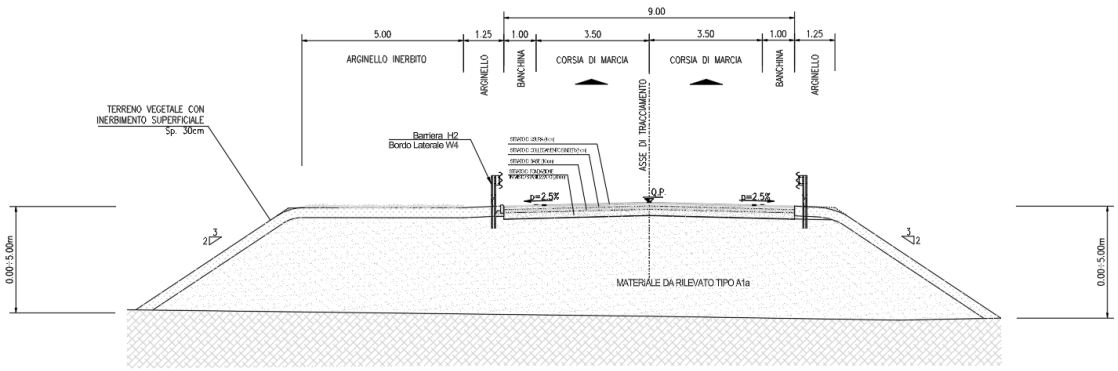

Figura 10: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto L (DM 05/11/2001)

Il nuovo viale di ingresso, collocato in corrispondenza dell'attuale Via Fratelli Wright, presenta una sezione tipologica a 6 corsie per un senso di marcia con due corsie dedicate all'accesso dei bus di larghezza pari a 4m. Tale soluzione è stata adottata in funzione dell'esigenza di garantire un passaggio, in prossimità dei caselli di accesso, che risulti maggiorato per favorire l'accesso dei mezzi pesanti.

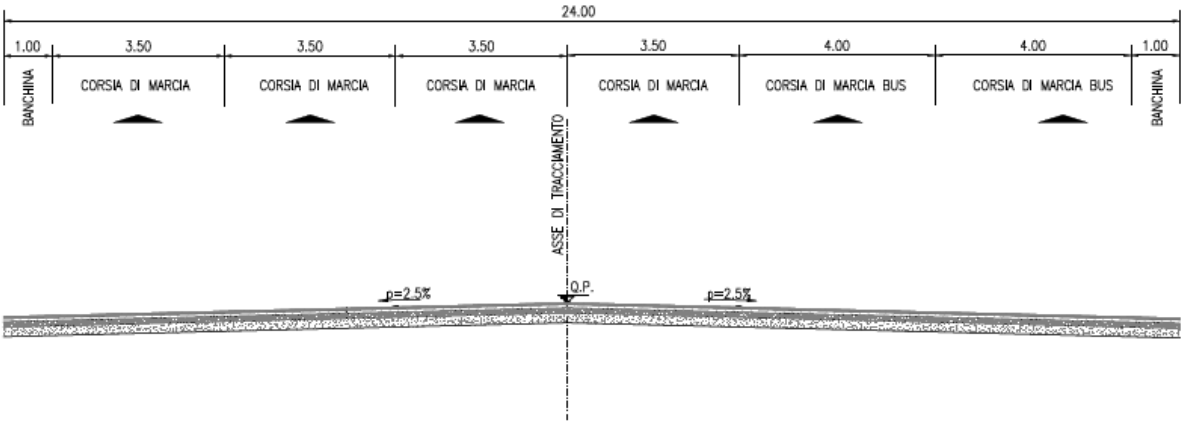

Figura 11: Sezione tipologica per strada di cat. F1 tratto E (DM 05/11/2001)

La rotatoria R1 presenta un diametro pari a 40.00 m e pendenza trasversale costante pari a 2.0%. In rotatoria la sezione tipologica, anch'essa definita secondo quanto prescritto da DM 05/11/2001, composte da corsia da 6.00 m, banchine in destra da 1.00 m e banchine in sinistra da 1.00 m.

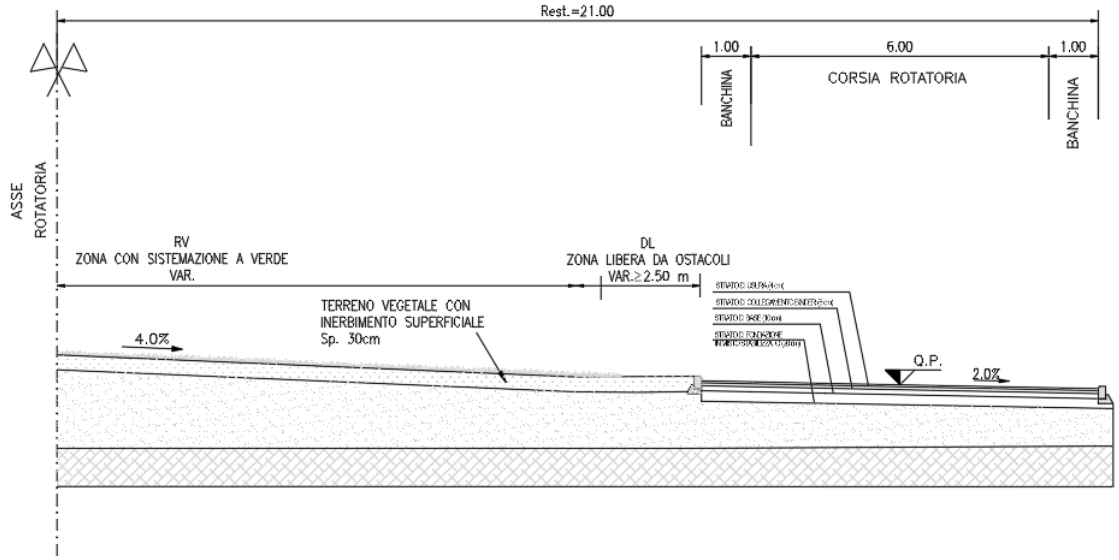

Figura 12: Sezione tipologica per rotatoria R1 (DM 05/11/2001)

La rotatoria R2 presenta un diametro pari a 30.00 m e pendenza trasversale costante pari a 2.0%. In rotatoria la sezione tipologica, anch'essa definita secondo quanto prescritto da DM 05/11/2001, composta da corsia da 6.00 m, banchine in destra da 1.00 m e banchine in sinistra da 1.00 m.

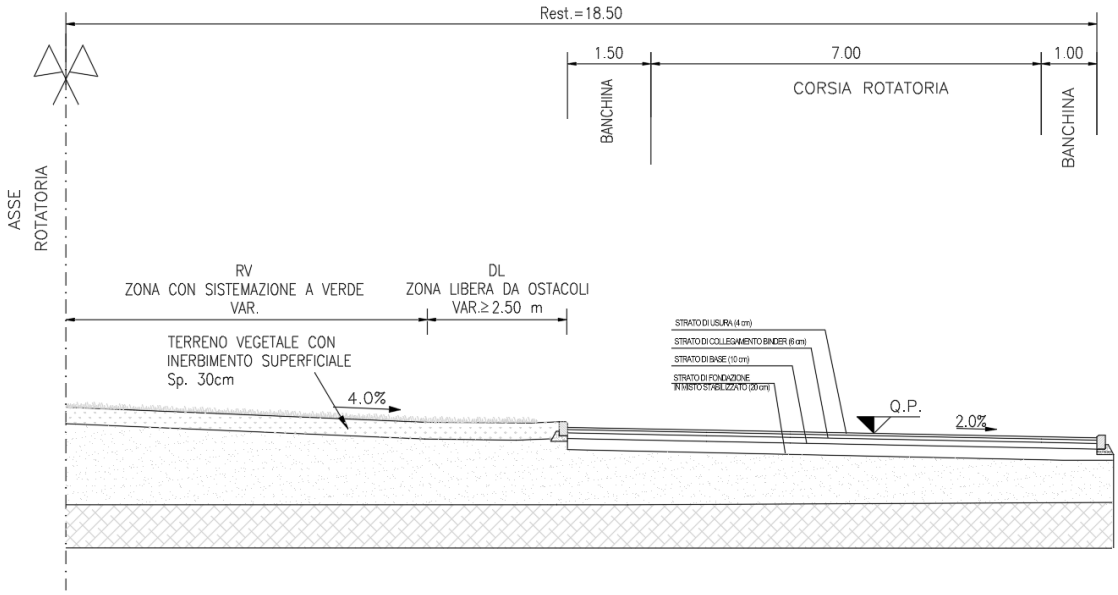

Figura 13: Sezione tipologica per rotatoria R2 (DM 05/11/2001)

La rotatoria R3 presenta un diametro pari a 50.00 m e pendenza trasversale costante pari a 2.0%. In rotatoria la sezione tipologica, anch'essa definita secondo quanto prescritto da DM 05/11/2001, composta da corsia da 9.00 m, banchine in destra da 1.00 m e banchine in sinistra da 1.00 m.

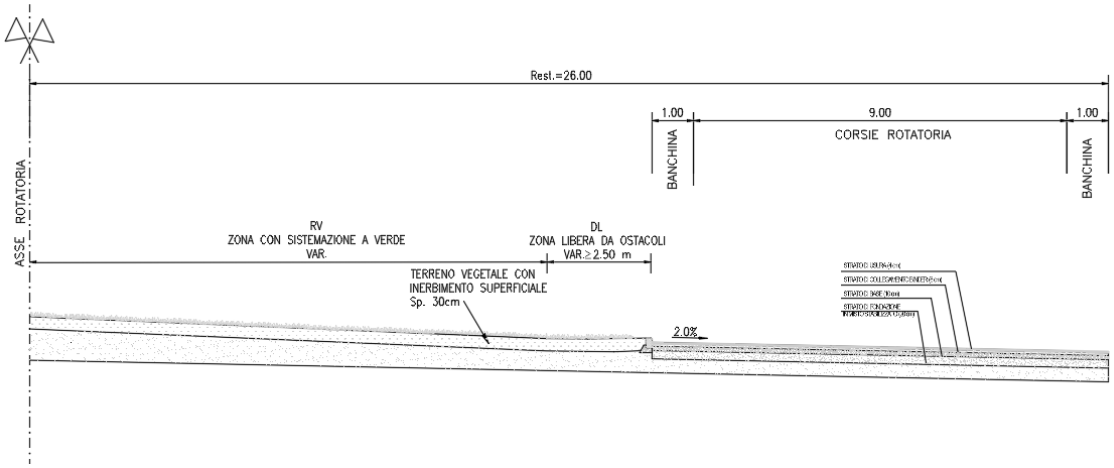

Figura 14: Sezione tipologica per rotatoria R2 (DM 05/11/2001)

4 SOVRASTRUTTURA STRADALE

La scelta del pacchetto stradale prevede la realizzazione di una pavimentazione flessibile di 40 cm composta dai seguenti strati:

- 4 cm di usura in conglomerato bituminoso chiuso;
- 6 cm di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso aperto;
- 10 cm di base in conglomerato bituminoso;
- 20 cm di misto granulare;
- Rilevato stradale di altezza variabile formato da materiale granulare di tipo A1a

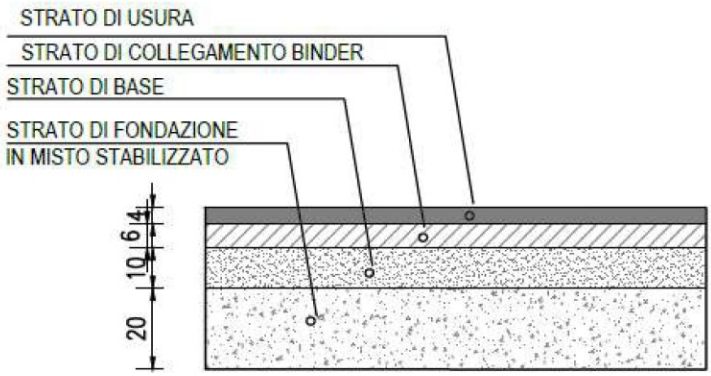

Figura 15: Pacchetto tipologico pavimentazione stradale

4.1 DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

I calcoli di progetto/verifica sono stati eseguiti utilizzando il metodo semi-empirico di dimensionamento "AASHTO Guide Design of Pavement Structures", il quale si fonda sul contributo di quattro fattori:

- il traffico di progetto, rappresentato dal numero cumulato "W18" di assi standard (ESAL) da 8,16 t (18 kilopounds) nel corso della vita utile della pavimentazione;

- il grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento, espresso come probabilità che la sezione dimensionata possa mantenersi in condizioni accettabili durante tutta la vita utile;

- il decadimento limite ammissibile della sovrastruttura, espresso per mezzo del "PSI" (Present Serviceability Index);

- le caratteristiche degli strati, espresse dal Numero di Struttura "SN", che tiene conto del contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione attraverso i coefficienti di spessore "ai" (tabellati), nonché delle caratteristiche di portanza del sottofondo, per mezzo del parametro "SNSG", funzione del "CBR".

4.2 TRAFFICO DI PROGETTO

I flussi di traffico pesante da utilizzare per la verifica delle pavimentazioni sono stati desunti, dall'analisi di traffico effettuate presenti nella Relazione tecnica stradale.

Tali dati, evidenziano un traffico nell'ora di punta pari a di 1442 v/g ed una percentuale di traffico pesante (di peso superiore a 30 kN) dell'ordine del 8.00 %. Ai fini del dimensionamento della pavimentazione si sono considerati i soli veicoli pesanti il cui numero di passaggi nell'arco della vita utile di progetto (20 anni) è stato calcolato in termini cumulativi riferendosi a proiezioni di medio termine in base ad un coefficiente di incremento annuo del traffico pari all'2,5%.

Come ulteriore dato di input si è considerato un valore cautelativo di CBR pari al 9%, valore di transizione tra terreni scadenti e quelli di discreta portanza.

Per un traffico giornaliero medio totale stimato, TGM = 1088 veicoli/giorno, si calcola quindi il numero totale di veicoli commerciali al giorno:

TGMvc (giorno) = TGM · pvc = 116 veicoli commerciali/gg

avendo assunto, come prima definito:

- pvc = percentuale di veicoli commerciali sul traffico totale = 8.00 %

Si calcola in seguito il numero totale di veicoli commerciali transitati nel primo anno sulla corsia più caricata, ovvero:

nvc (anno)=365 · TGMvc · pd · pcorsia = 21170.00 veicoli commerciali/anno

- p_d = percentuale di traffico per senso di marcia = 50%, come di solito si assume per strade ad unica carreggiata, con due corsie, una per senso di marcia come quella di progetto;

- p_{corsia}= percentuale di traffico sulla corsia = 100%, come di solito si assume per strade ad unica carreggiata, con due corsie, una per senso di marcia.

Il calcolo del volume di traffico, in termini di veicoli commerciali, che, si prevede, transiterà durante il la vita utile (20 anni) della sovrastruttura è definito da:

$T^N = n_{VC} \cdot \frac{(1+r)^N - 1}{r}$ = 540781.00 veicoli commerciali/vita di servizio

essendo

- N = vita utile della pavimentazione = 20 anni
- r = 2,5% tasso di incremento annuo del traffico commerciale, costante negli anni.

Da ciò si ricava il livello di traffico che interesserà l'infrastruttura ai fini della individuazione della prima soluzione di Catalogo, ovvero il Livello 3 delle schede relative alle strade extraurbane che prevede un numero di passaggi cumulati di veicoli commerciali, sulla corsia più caricata, non superiore a 4.000.000, come definito dalla tabella sottostante.

Livelli di traffico	Numero di veicoli commerciali
1°	400.000
2°	1.500.000
3°	4.000.000
4°	10.000.000
5°	**25.000.000**
6°	45.000.000

Figura 16: Spettri di traffico CNR

Per una **strada di tipo F** lo spettro di traffico, ovvero la distribuzione delle 16 categorie dei veicoli quanto previsto nel "Catalogo dalle pavimentazioni" del CNR, è indicato nella seguente tabella:

Tipo veicolo commerciale	Percentuale	Peso assi (tonn)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.00%	Numero di assi distribuiti per peso	**1**	**1**											
2	0.00%			**1**	**1**										
3	58.80%					**1**				**1**					
4	29.40%						**1**						**1**		
5	0.00%					**1**				**2**					
6	5.90%							**1**				**2**			
7	0.00%					**1**				**2**	**1**				
8	2.80%							**1**				**3**			
9	0.00%					**1**				**4**					
10	0.00%							**1**			**2**	**2**			
11	0.00%					**1**				**3**		**1**			
12	0.00%							**1**			**3**		**1**		
13	0.20%						**1**							**1**	**3**
14	0.00%					**1**				**1**					
15	0.00%							**1**				**1**			
16	2.90%						**1**			**1**					

Tipo veicolo comm erc.	Percent.	Frequenze parziali degli assi													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.00 %	Frequenza degli assi distribuiti per peso													
2	0.00 %														
3	58.80%					58.80%				58.80%					
4	29.40%						29.40%						29.40%		
5	0.00 %														
6	5.90 %							5.90 %				11.80%			
7	0.00 %														
8	2.80 %							2.80 %				8.40 %			
9	0.00 %														

10	0.00 %														
11	0.00 %														
12	0.00 %														
13	0.20 %						0.20 %							0.20 %	0.60 %
14	0.00 %														
15	0.00 %														
16	2.90 %						2.90 %			2.90 %					
			0.00 %	**0.00 %**	**0.00 %**	**58.80 %**	**32.50 %**	**8.70 %**	**0.00 %**	**61.70 %**	**0.00 %**	**20.20 %**	**29.40 %**	**0.20 %**	**0.60 %**

L'equivalenza tra assi generici e assi standard da 80 KN è data dalla relazione:

$$\mathbf{C_{eq} = (x/y)^4}$$

in cui y=80 KN ed x è il peso dell'asse generico. Per mezzo di essa si passa, quindi, dalle frequenze dei singoli assi a quelle equivalenti dell'asse standard, secondo la tabella seguente:

Peso asse	Frequenza asse	Coeff. Equivalenza	Frequenze assi da 8 t
1	0.00%	0.000244	0.00%
2	0.00%	0.003906	0.00%
3	0.00%	0.019775	0.00%
4	58.80%	0.062500	3.68%
5	32.50%	0.152588	4.96%
6	8.70%	0.316406	2.75%
7	0.00%	0.586182	0.00%
8	61.70%	1.000000	61.70%
9	0.00%	1.601807	0.00%
10	20.20%	2.441406	49.32%
11	29.40%	5.062500	148.84%
12	0.20%	3.574463	0.71%
13	0.60%	6.972900	4.18%
Totale	*212.10%*	*Totale*	*276.14%*

Essa mostra che, per la mix di traffico di cui al "Catalogo delle pavimentazioni" del CNR per una strada di tipo C, il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono a **276,14 passaggi di assi da 80 KN,** quindi con un $\mathbf{C_{eq}}$ **ponderale pari a 2,76.**

Da quanto sopra riportato, si evince quindi che, al termine della vita utile, il traffico di progetto, espresso in numero di assi da 80 KN, è pari a:

$$W_{18} = gg \cdot TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r} \cong \quad 1188057.00$$

4.3 VERIFICA CON IL METODO AASHTO INTERIM GUIDE

Si procede al calcolo dello Structural Number, SN, o Indice di spessore che esprime l'equivalenza strutturale degli strati tramite l'espressione

$$SN = \sum_i s_i \cdot a_i \cdot m_i$$

ove sono:

- s_i = lo spessore dello strato i-esimo della pavimentazione (cm)
- a_i = il coefficiente strutturale dello strato i-esimo, funzione delle caratteristiche meccaniche del materiale
- m_i = il coefficiente di drenaggio degli strati, che si assume pari a 1 per le miscele legate, 0,98 per i misti cementati, 0,95 per il misto granulare non legato

Si desume che per la pavimentazione prevista in progetto risulta l'indice strutturale (SN) dettagliato di seguito (espresso in pollici e poi riconvertito in cm, per coerenza con le formule teoriche dell'AASHTO Guide).

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL PACCHETTO STRADALE						
Strato	Descrizione	ai	mi	si [cm]	si [in]	ai*si*mi
1	Usura congl. bitum	0.42	1	4	1.57	0.71
2	Binder congl. bitum.	0.4	1	6	2.36	1.02
3	Base	0.32	1	10	3.94	1.10
4	Misto granulare	0.11	0.95	20	7.87	0.97

SN (inch)	3.80
SN (cm)	9.74

Nella presente verifica vengono adottati i valori medi dei coefficienti di struttura riportati nella Tabella riportata di seguito (fonte Ingegneria stradale vol. II - P. Ferrari e F. Giannini).

Tab. 7.VII Coefficienti dell'indice di spessore per alcuni materiali [7.18].

Materiali	Coefficienti
Misto granulare	0,11
Misto granulare con frantumato	0,13-0,14
Macadam	0,12
Misto bitumato	0,20-0,22
Conglomerato bituminoso per base	0,25-0,30
Misto cementato	0,25-0,30
Misto legato con scorie	0,22-0,30 (1)
Terra stabilizzata con cemento	0,20
Pozzolana e calce	0,18
Binder	0,36-0,40
Usura normale	0,40-0,44
Usura grenue	0,44-0,46

(1) 0,22 durante il primo anno dopo la costruzione, poi crescente fino a 0,30 nel periodo successivo.

Figura 17:Coefficienti dell'indice di spessore (fonte: Ingegneria stradale vol. II - P. Ferrari e F. Giannini)

Il dimensionamento del pacchetto di pavimentazione viene eseguito facendo riferimento ai seguenti parametri:

- Traffico previsto (numero complessivo di passaggi di veicoli commerciali previsto sulla corsia più caricata);
- Portanza del sottofondo (espressa tramite il Modulo resiliente di progetto o l'equivalente C.B.R.);
- Tipo di pavimentazione e caratteristiche dei materiali utilizzati (pavimentazione Flessibile, Semirigida, Rigida non armata, rigida ad armatura continua).

Il calcolo del numero massimo di assi da 80 kN transitabili sulla pavimentazione in esame prima di raggiungere un prefissato livello di funzionalità (PSI_{fin}) è dato dalla formula:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(M_R) - 8.07$$

dove:

- W_{18} = numero di passaggi di assi da 18 kilopounds (80 kN) che la sovrastruttura riesce a sopportare ($W_{18,amm}$);
- Z_R*S_0 = prodotto di variabili statistiche legate all'affidabilità della stima del valore di W_{18}. Per per la tipologia di strada in progetto (cat. C) il "Catalogo delle pavimentazioni stradali" prescrive un'affidabilità del 90%, alla quale corrispondono i valori Z_R= -1.282 e S_0= 0.45;
- SN = Structural Number, ovvero parametro identificativo delle capacità strutturali della pavimentazione, calcolato come combinazione lineare degli spessori "si" degli strati della pavimentazione, moltiplicati per coefficienti "ai" caratterizzanti le tipologie di materiali dei singoli strati:

Il risultato in base alla tipologia di pavimentazione definita è:

1315366 Assi da 8 t

W_{18}= 1188057 < $W_{18,amm}$ 11315366

Si osserva come $W_{18} \leq W_{18,amm}$ da cui si deduce che la pavimentazione prevista dal progetto è idonea a sopportare con un adeguato margine di sicurezza il transito del traffico di progetto: pertanto la verifica delle pavimentazioni risulta soddisfatta.